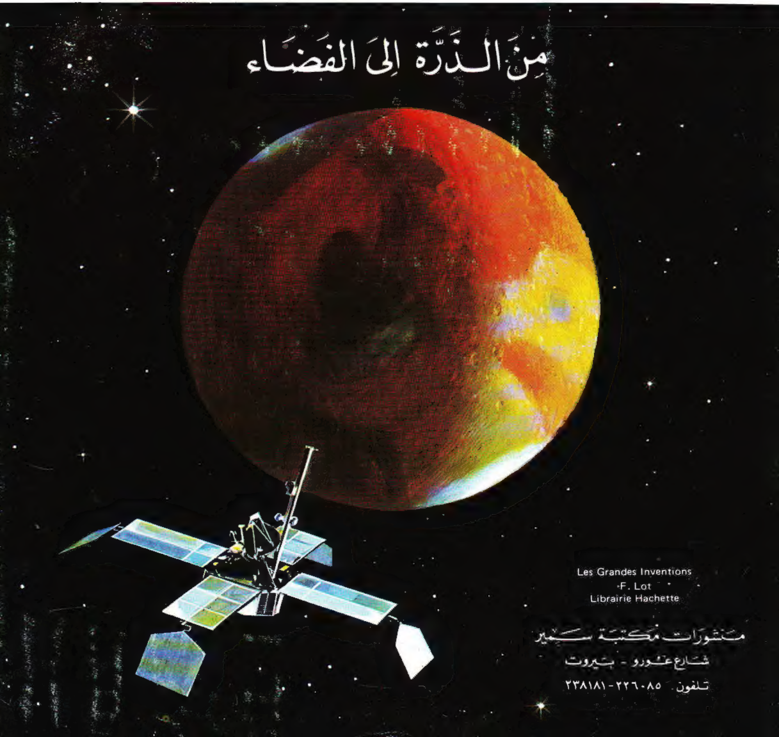
سلسلة من كل علم خبر   الاكتشافات الكبيرة

(٢٨)

• الترنزستور والترنزستورات
• الأجهزة الفضائية
• الأفران التي تتوهج فيها طاقة الشمس



Les Grandes Inventions
F. Lot
Librairie Hachette

منشورات مكتبة سمير
شارع غورو - بيروت
تلفون ٢٢٦٠٨٥ - ٢٣٨١٨١

التـــرَنزيســـتور والتـــرَنزستورات



ترنزستور

الى جانبِ الكاشف الموجات الكبير الحجم ، السريع العطَب ، الذي كان يُستَعمل بالأمس ، ينتصب الترانزستور ، هذا القَزم المتين العنيد .

إنْ شاعتْ[1] تسميَةُ أجهزةِ الاستقبال اللاسلكيّة المحمولة (أجهزة الراديو) ، باسم تَرَنزِسْتُورات ، فذلك من بابِ تسميةِ الكلِّ باسم الجُزء . ذلك أنَّ هذه التسميةَ وُضِعَت ، في الأصل ، لتلكِ الأعضاء البالِغة الصِغَر ، التي لا يتجاوزُ حجمُها حجمَ رأسِ الدبّوس ، والتي زُوِّدتْ بها تلك الأَجهزة ، فأَمكنَ تصغيرُ حجمِها . فالتَرَنْزِسْتُوراتُ الصغيرة هذه ، التي حلَّت محلَّ المصابيحِ الإلكترونيَّة الكبيرةِ الحجم ، السريعةِ العَطَب[2] ، المستعمَلَة في الماضي القريب ، تَقومُ بوظائفِ تِلكَ المصابيح كلِّها ، على أكملِ وجه . فهي تستطيع أن تقوِّي التيّارات ، وتولِّدَ الذَبذَبات الكهربائيّة ، وتُؤمِّن وظائفَ التنغيم والتموُّج والتحرِّي .

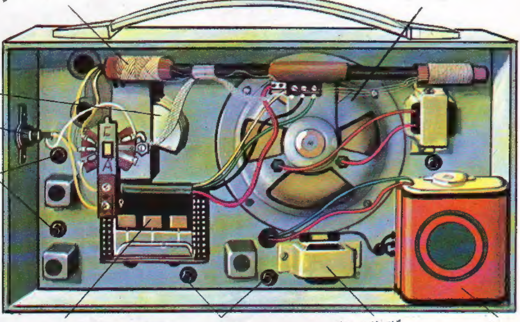
تتألَّف التَرَنزستورات من بلَّوْراتٍ صغيرة من الجرمانِيوم او السيليسيوم ، وهما عنصران

نصفُ مُوصِّلَيْن ، لأنَّ تَوصيليّتَهما الكهربائيّة أَخفُّ من تَوصيليَّة المعادن ، وأشدُّ من تَوصيليّة الأَجسام العازِلة ؛ وبتعبير آخر ، لهذين العنصرين من الألكترونات الحُرَّة أقلّ ممّا للمعادن ، وأكثر مِمّا للأَجسام العازِلة . أَضِفْ الى ذلك أَنَّهما يتمتَّعان ، مع سُلفور الرصاص الذي كان يُستعمَل لكشفِ المَوجات أيّامَ الراديو ، بخاصّةٍ ثمينة هامَّة ، وهي أنَّ الإلِكْتُرونات تنتقلُ فيها باتِّجاهٍ واحدٍ غالب ، دون آخر ؛ أي أَنَّ الجسمَ نِصف التوصيليّ هو في الواقعِ خطٌّ ذو اتِّجاه واحد ، ممّا يُوفِّر للتيَّار الناتجِ عن انتقال الإلكترونات اتِّجاهاً مميَّزاً محظوظاً . إلّا أنَّ تيَّاراً كهذا لا يَظهرُ في جسمٍ نصفِ توصيلي تامِّ الصفاء . فلا بدَّ له من أنْ يَحتويَ على نِسبةٍ من الأجسام الغريبة معيّنة محدَّدة بدقّة ، معدَّلُها مثلاً ذَرَّة غريبة واحدة مقابلَ مِليار ذرَّة من الجرمانيوم والسيليسيوم .

تكونُ هذه الأجسامُ الغريبة على نَوعَين : بعضُها يَمتازُ بقِلَّة عددِ الإلكترونات المُنتقلة من القُطب الإيجابيّ الى القُطبِ السَلبيّ (الألومينيوم ، الغلّيوم ، والأنديوم) ؛ وبعضُها يمتاز بكَثرة الألكترونات المتجِّهة اتجاهاً معاكساً (الأَرسنيك والأَنتيموان) . فاذا وُزِّعَتْ هذه الاجسامُ الغريبة بانسجام في البلّورة ، أَمكن الحصولُ على اتِّصالَين متعاقبَين[3] مُتعاكِسَيْ الإتجاه ، فكان الترنزستور. امّا البحوثُ ، ومحاولاتُ الضبط الخارقة ، المتناهيةُ الدقّة التي مكَّنت من هذا الإنجاز[4] ، فحدِّث عنها ولا حرَج[5] .



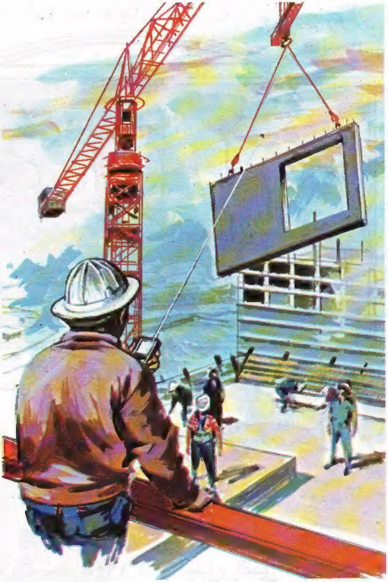
— يَستطيعُ كلُّ فرد من أفراد الأسرة أنْ يُصغي الى جهازه ، إن شاء ذلك . فبفضل الترانزستور ، وبفضل الدائرات المطبوعة التي حلّت محلَّ الأسلاك ، صغُر حجمُ أجهزة الإستقبال الى درجة بعيدة أحياناً .



فوق : جهاز استقبال محمول يستمدّ طاقته من البطّاريّات .

أُنجزَ الترنزستور الأوّل سنةَ ١٩٤٨ ، في الولايات المتّحدة الاميركيّة ، في مختبراتِ « شركة بِل تلفون » ، وذلك بفَضلِ الجُهود التي بَذَلها كلٌّ من « وِليَم شُكلي » ، و« وُلتر م . بَراتن » و« جون بَردِين » ؛ ولقد مُنِحوا جائزة « نوبل » للفيزياء سنة ١٩٥٦ .

للتَرنزِستُورات فضائلُ كثيرة : فهي صغيرة الجسم متينة ، لا تستهلِك من الطاقة[٦] ، معَ إنتاجها الكبير ، الّا النَزْرَ[٧] القليل القليل ؛ وهي تعمل حالما يتّصل بها التيّار – ألا يجيبُ جهازُك حالما تديرُ مفتاحَ الوصل ؟ – ، وهي فوق ذلك كلّه ذاتُ عمر طويل (يفوق مئةَ ألف ساعة) . لهذه الأسباب كُلّها تُجَهِّزُ الترنزستوراتُ ، لا أجهزةَ الاستقبال اللاسلكيّة والتلفزيونيّة فحَسْبُ ، بل الآلاتِ الحاسِبة الإلكترونيّة ، وعدداً كبيراً من الأَجهزة الأُخرى ، بينها مُكبِّراتُ الصوت الدقيقةُ الخفيفة ، الخاصّة بالصُمِّ والتي تُعيدُ إليهم حاسّة السمع .



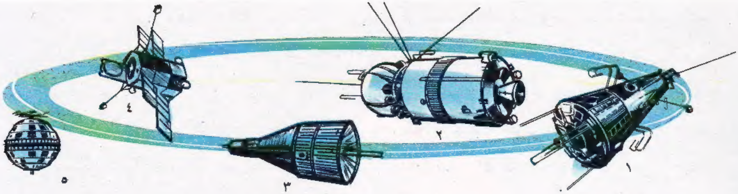
تحت : « الطوكي – وُوكي » المستفيد هو أيضاً من صفات الترنزستور. إنّه جهاز مرسِل – لاقط ذو طاقة ضعيفة محدودة ، يسمح بالبقاء على اتّصال مع أيٍّ شخص يحمل نظيرَه ، ضمنَ نطاق معلوم ؛ ونطاقه هنا إحدى الورشات .

التفسير

١ – شاعت التسمية : انتشرت .
٢ – السريعة العطَب : الضعيفة ، السريعة التأذّي .
٣ – متعاقبين : متلاحقين .
٤ – الإنجاز : مصدر أَنْجَزَ العمل : حقَّقه .
٥ – حدِّثْ ولا حرج : حدِّثْ ولا تخفْ مبالغة .
٦ – الطاقة : القوَّة .
٧ – الذرُّ : الكميَّة الضئيلة القليلة .

الأسئلة

١ – ما هو المفهوم بكلمة ترانزستور عادةً ؟
٢ – ما هو الترانزستور في الواقع ؟
٣ – ما هو العنصر نصف الموصِّل ، وما هي ميزتُه ؟
٤ – ما هي عيوب المصابيح الإلكترونيّة العاديّة ؟
٥ – ما هي فضائل الترنزستورات ؟
٦ – أين ومتى أُنجز الترانزستور الأوّل ؟
٧ – كيف كوفيءَ مخترعوه ؟



١. سبوتنيك ٣ ، من مجموعة الأجهزة التي أطلقها الاتحاد السوفياتي ، وأوّلها سبوتنيك ١ الذي افتتح عهدَ الأقمار الاصطناعية. حلَّ محل هذه المجموعة مجموعةُ «كوزموس» الطويلة.

٢. فُوستوك ، أوّل عربة فضاء سوفياتيّة.

٣. كبسولة جيميني ٧ الاميركيّة التي نجحت في تأمين أوّل لقاء في الفضاء.

٤. قمر اصطناعيّ أميركي خاص بمراقبة الأحوال الجويّة.

٥. تِلستار، قمر أميركيّ للمواصلات البعيدة المدى.

الأجهـــــزة الفضـــائيـة

نَستطيعُ أنْ نقولَ : إنَّ الملاحة الفضائيَّة الحقّة قد وُلِدتْ عامَ ١٩٦٩ مع آبولو١١ ، تلكَ العربة الفضائيّة الآهلة[1] التي أَطلقَها الأميركيّون ، والتي مَكَّنت اثنَين من طاقَمها[2] الثلاثي ، هما «أرمسترونغ» و«ألْدِرن» ، من الهبوط على القمر ودَوْس سطحه ، فيما بقي الرائد الثالث «كُولِنْز» في العربةِ الأم ، الموضوعةِ في مَدار[3] مُنخفض ، ينتظرُ عودةَ رفيقَيْه على متن «العربة القمريَّة» ل. ي. م. (L. E. M.) .

أمَّا الجهاز الذي فتَحَ الفضاء ، فهو الصاروخ الذي عُرِف ، منذ آلاف السنين ، بشكل السهمِ الناريّ ، والذي طُوِّر[4] الى حدٍّ بعيد . وأَوّل ما كُلِّف به الصاروخُ ، عندما صار قادراً على حمل الأجهزة الى ما وراء طبقات الجوِّ الكثيفة ، أَنْ يضع الأقمارَ حولَ أَرضِنا .

كان أَوّلُ هذه الأقمار الاصطناعيَّة «سُبُوتْنِيك» الأوّل ، الذي أَطلقه السوفيات ،

في ٤ تشرين الأول ١٩٥٧ ، وكان يزن ٨٠ كيلوغراماً : دار حول الأرض ١٣٥٠ دورة ثمّ انحلَّ. في ٣١ كانون الثاني ١٩٥٨ ، وَضعَ الصاروخُ جوبيتر القمرَ إكسبلورارَ الأول في مداره ، فكان أوّلَ قمر اميركيّ ؛ إلّا أنَّ وزنَه لم يتعدَّ ١٤ كلغ .

في ٣ كانون الأول ١٩٥٧ ، حمَلَ سبوتنيك الثاني الكلبةَ « لايكا » ، وبعدَ ذلك بدأ عهدُ الرِحلات البشريَّة الأولى. ففي ١٢ نيسان ١٩٦١ ، دار السوفياتيّ « يوري غاغارين » حولَ الأرض ، في ١٠٨ دقائق ، على مَتنِ عرَبة من طراز « فوستوك » ، وعاد إلى الأرض.

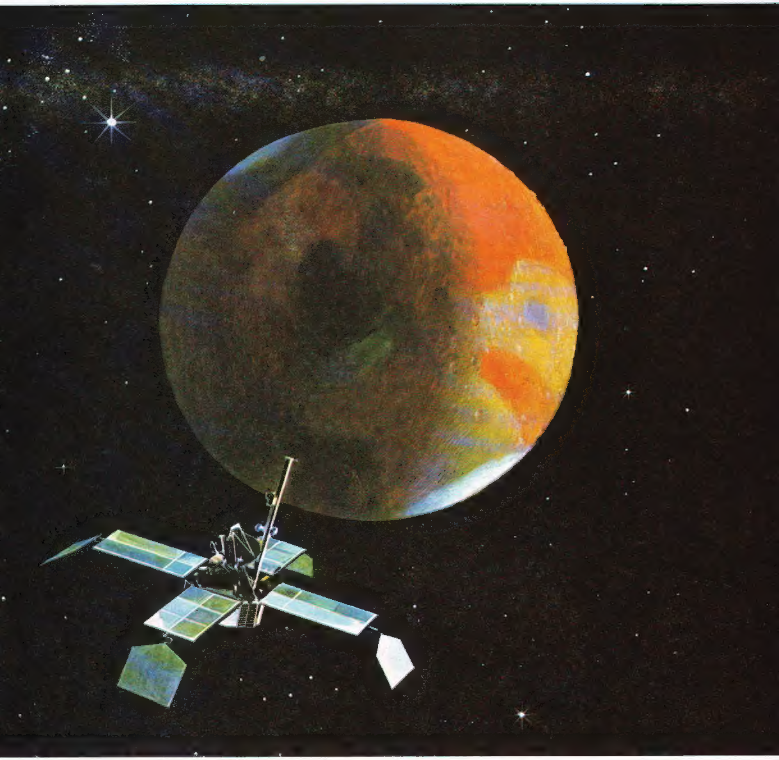
في مَطلع العام اللاحق ، كان دورُ الأميركيّ « جون غِلين » الذي أُطلِقَ في كبسولة مركوري ، ودار حولَ الكرة الأرضيّة ثلاثَ دَوراتٍ كاملة ، قبل أنْ يهبط في مياه المحيط الهادي.

وما أكثر الأحداثَ التي تلاحقت في الفضاء منذُ ذلك التاريخ ! فلقد صُوِّر سطحُ القمر عن كثَب ، حتّى في جهته المتوارية ؛ ووُضعَت على سطحه آلاتٌ وآلات ! نُظِّمت رِحلاتٌ بطاقَم من رائدَين، ثم بطاقم من ثلاثة رُوّاد ؛ ثم نُظِّمت في الفضاء لِقاءاتٌ ومواعيدُ وعمليّات التِحام بين المركبات الفضائيّة ؛ و« سار » الروّادُ في الفضاء خَارجَ عرَباتهم ؛ وقامَ الاميركيّون بدورة كاملة حول القمر ، قبْل أن يحقِّقوا إنجازَهم الأَكبر ، بالهبوط على سطحِه والسيرِ على ترابه .

هذا ، فيما بلغت المسابرُ الفضائيّة كوكبَيْ الزهرة والمرِّيخ . وتكاثرت الأقمارُ الاصطناعيّة ، بدخول فرنسا واليابان والصين عالمَ الفضاء ، وإن لم يَبلغ إسرافُ هذه الدوَل إسرافَ شقيقتيها الكبيرتَيْن . يكفينا أنْ نذكر ، في هذا المجال ، أنَّ أقمار كُزموس السوفياتيّة تُعَدُّ اليومَ بالمِئات ...

الواقع أنّ الأقمارَ الاصطناعيّة تُشكِّل معدّاتٍ لا تُثَمَّنُ ، في دراسة أَحوال الجوِّ العالي ، والمناطق التي تتعدّاه . إنَّها تسمحُ بتسجيل الإشعاعات الشمسيّةوالكونيّة المختلفة على حقيقتها ، كما تسمح بقياس كِلا الحقلَيْن الأرضيَّيْن : المغنطيسيّ والكهربائيّ .

لما غدت الأقمار الاصطناعيّة مأهولةً ، سمحَت بتحديد ما يُمكنُ أنْ تكونَ عليه شروطُ الحياة في عرَبة مُحكَمَة الإقفال ، معزولةٍ عن الجاذبيّة ، كما سمحت بالخروج الى الفراغ الفضائيّ .



« مارينر » ٤ الأميركيّ ، أوّل جهاز أرسل في اتجاه المرّيخ (١٩٦٥)
فمرّ على بعد ١٠٠٠٠ كلم منه ، ثمّ سلك مداره حول الشمس .

ثمّ تخصّصت الأقمار: فأُفرِدَ بعضُها للترحيل[7] ، فأمّنت الاتّصالات اللاسلكيّة
للرِحلات العلميّة البحتة[6] ؛ وخُصِّص بعضُها والبرقيّة والتلفزيونيّة بين طرَفَيْ المُحيط

الأَطلسيّ ؛ وخُصِّص بعضُها لمراقبة الأحوال الجوِّيّة ، فصوَّرت أجهزتُه تَنَقُّلَ مجموعاتِ الغيوم فوقَ سطح الكرة الأرضيّة . وأخيراً لَعب بعضُها ، ولا يزال يلعب على الصعيد العسكريّ ، دوراً هامّاً ؛ فمثل هذه الأقمار قادرٌ على مراقبةِ سطح الكرة الأرضيّة باستمرار ، وعلى تحرّي الأشعَّة تحت الحمراء التي تُرسلها مُحرِّكات الصواريخ العابِرة القارّات ، كما أَنَّها قادرة على حمل القنابل الحراريَّة النَوِويَّة ، في اتّجاه أيِّ هدف .

وهكذا ، تحتَ شعارِ فتح الفضاء ، وهو أكبر مغامرة بشريّة ، كانت الأقمارُ الاصطناعيّة ، كأكثر المخترعات الأخرى ، أداةً تَصلُحُ للشرِّ كما تصلُحُ للخير .

التفسير

١ – عربة آهِلة : مسكونة ، تحمِلُ بشراً .
٢ – طاقم العربة أو الطيّارة : مجموعة العاملين في قيادتها وخدمتها .
٣ – مدار القمر : الخط الذي يسلكُه في دوَرانه .
٤ – طوَّر يُطوِّر : حسَّن .
٥ – المَسابِر : جمع مِسْبَر : جهاز قياس ودرس .
٦ – البحت البحتة : الصافي ، الخالص .
٧ – الترحيل : استلام الصوت أو الصورة وارسالُها من جديد .

الأسئلة

١ – متى وُلِدت الملاحةُ الجوِّية ؟
٢ – مَن هو أوّل إنسان داس سطح القمر؟
٣ – ما الذي مكّن من إطلاق الأقمار؟
٤ – مَن أطلق أوَّل قمر اصطناعيّ ؟
٥ – أُذكر أهمّ مراحل فتح الفضاء .
٦ – أذكر بعض أنواع الأقمار .
٧ – ما هي الخدمات التي يقدِّمها التلستار؟

الأفــران التي يــتوهج فيهَا طاقــة الشَمس



فوق : لا تلبثُ الورقة أنْ تشتعِل إذا سُلِّطَ عليها مِحراقُ عدَسة موجَّهة لأشِعَّة الشمس .

مَن لَمْ يَلْهُ بإشعال قُصاصةٍ من الورق الخفيف ، أو ذخيراً[1] ، بواسطة عدَسة ؟ فالعَدسة قادرةٌ على أنْ تُركِّزَ حرارةَ الشمس في نُقطة معيّنة هي البُؤرة او المِحراق ، فتحميِّها حتى درجةِ الاشتِعال . مثلُ هذه العدسة المُجَمِّعة[2] ، كان يُستَعمَلُ في تفجير المِدفع الصغير المنصوب في حدائق القصر الملَكيّ في باريس ، معَ حلولِ الظهر...

ويُقال إنَّ أَرخميدِس قد استطاع ، في العصور القديمة ، ومن على بُعد ، أَنْ يُضرِم النار في الأُسطولِ الرومانيّ الذي كان يُحاصِر سَرَقوسة ، وذلك بواسطة **مرآتِه المتوهِّجة** التي يُعتَقَدُ أنَّها كانت تَتأَلَّف من مرآة مُجمِّعة سُداسيّه الشكل ، مُركَّبةٍ من عِدَّةِ مَرايا مجموعة . ولقد رأَينا ، يوم تَحدَّثنا عن النار ، أنَّ خصائصَ المرايا المجمِّعة عُرِفَت في زَمَنٍ مُبَكِّر .

هكذا تبَيَّن لنا أنَّ الإنسان فكَّر ، منذ زمن بعيد ، في استخدام الطاقة[3] التي تُوفِّرها الشمس استعمالاً مباشِراً ، إلّا أنَّ المسأَلةَ لم تُعالَج[4] مُعالجةً علميّة بالمعنى الصحيح ، إلّا في وقتٍ متأَخِّر . ففي القرنَين السابعَ عشر والثامنَ عشر ، لُجِيءَ الى مرايا « متوهِّجة » مختلفة النماذج ، لغاياتٍ إختبارِيَّة ؛ وهكذا تمكَّن العلماءُ « كَسِّيني » و « بوفون » و « لافوازييه » ، من إذابة بعض المعادن ، بالاعتماد على الإشعاع الشمسيّ وحدَه .

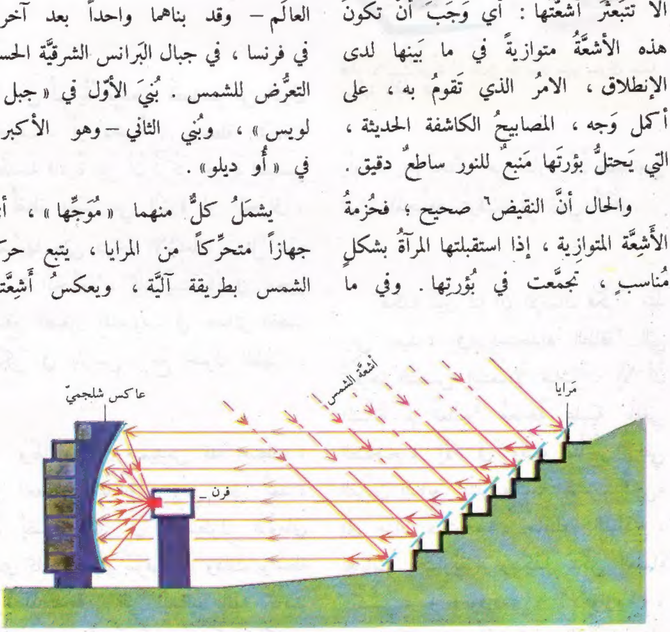
وفي أيّامنا الحاضرة توفّرت إمكاناتٌ جَديدة ، مع ظهورِ المرايا الشَلجميّة° الكبيرة ، المُتقنَة الصُنع التي هُيِّئَت لأغراض الدفاع الجوّي .

إذا أُرِيدَ لِحُزمة النور المُنبَعِثة من مصباح كاشف أن تَذهبَ بعيداً ، وَجَب ألّا تَتَبعثَرَ أشعَّتُها : أي وَجَبَ أنْ تكونَ هذه الأشعَّةُ متوازيةً في ما بَينها لدى الإنطلاق ، الامرُ الذي تَقومُ به ، على أكمل وَجه ، المصابيحُ الكاشفة الحديثة ، التي يَحتلُّ بؤرتَها مَنبعٌ للنور ساطعٌ دقيق .

والحال أنَّ النقيض[٦] صحيح ؛ فحُزمةُ الأَشِعَّة المتوازِية ، إذا استقبلتها المرآةُ بشكلٍ مُناسبٍ ، تجمَّعت في بُؤرتِها . وفي ما يتعلَّق بالشمس ، فإنَّ ما يتكوَّن في المرآة هو صورةٌ عن الشمس صحيحةٌ قويَّة ، أو قُلْ هي شمسٌ مُصغَّرة حارَّة للغاية .

إنطلاقاً من مبدأ الإنعكاسيّة هذا ، وضعَ الأستاذُ « فيليكس ترُومب » تصميم الفُرنَين الشَمْسِيَّين العِملاقين – وهما أكبر أفران العالَم – وقد بناهما واحداً بعد آخر ، في فرنسا ، في جبال البَرانس الشرقيَّة الحسنةِ التعرُّض للشمس . بُنِيَ الأوّل في « جبل – لويس » ، وبُني الثاني – وهو الأكبر – في « أُو ديلو » .

يشمَلُ كلٌّ منهما « مُوَجِّها » ، أي جهازاً متحرِّكاً من المرايا ، يتبع حركة الشمس بطريقة آليَّة ، ويعكسُ أَشِعَّتها



رسم بيانيّ لفُرنٍ شَمسيّ .



العاكس الشلَجميّ الضخم المُقام في « أوديلو » ، في جبال البرانِس الشرقيّة ، بصفائحه الزجاجيّة البالغ عَددُها ٩٠٠٠ . ويُرى هكذا من الدرجات التي أُقيمت عليها المرايا الثلاثُ والستّون ، والتي تشكّل بمجملِها المُوجِّهَ الذي يتبعُ الشمسَ آلياً في حركتها . في القِسم الأماميّ ينتصب بناء الفرن الذي ينفتح لبُؤرة العاكس أو مِحراقه ، من الناحية الثانية .

على عاكس شَلْجَميٍّ ثابت ، يركِّزُ الطاقة التي يتلقّاها في بُؤرته ، حيث يكون الفرن .

إنَّ مركز « أو ديلو » لَمهيبٌ حقاً . فمساحة عاكِسِه تبلغُ ٢٨٣٥ متراً مربَّعاً . ولمّا كانت هذه المساحة أوسعَ من أنْ تُصنَع من قطعة واحدة ، جُزِّئت ثلاثاً وستّين مرآةً مُسطَّحةً مُركَّبة ، تبلغُ كلٌّ منها ٤٥ متراً مربَّعاً ، وسُتِفَت بعضُها فوق بعض في ثماني طبقاتٍ مُتدرِّجة ، حتّى لا يُظَلِّلَ بعضُها بَعضاً . أمّا المرآة الشلجميَّة التي تواجهُ العاكس فتحمِلُها واجهةُ بناءٍ ضخم ؛ وهي مُؤَلَّفةٌ من تِسعةِ آلاف صفيحة من الزجاج المَسقيّ المُنحني . وأمّاالفرن القائِمُ في بناءٍ مستقلّ ، فيستحيلُ

في أثناءِ الإختبارات مَظَلَّةً عجيبةً سُلِّط عليها تيَّارٌ بقوّة ١٠٠٠ كيلو وات ...

أهمُّ حسَنات الأفران الشمسيَّة ، أنَّها تُوفِّرُ حرارةً « صافية » لا يشوبُها[٧] أيُّ تَلَوُّثٍ[٨] كيميائيّ ، مِمَّا يشكِّل فائدةً هامّة جدّاً ، بالنسبة الى عددٍ من البُحوث المختبريَّة ، وبالنسبة الى عددٍ من التطبيقات الصناعيّة .

التفسير

١ – ذَخير : كبسولة يُحدث انفجارُها شرارة تولّع البارود .
٢ – العدسة المجمِّعة : عدسة مقعَّرة تجمع الأشعَّة في بُؤرة .
٣ – الطاقة : القوّة ، مثلاً (الطاقة الحراريّة) .
٤ – عالج مسألة : درسَها .
٥ – مرآة شلجميَّة : مرآة مقعَّرة .
٦ – النقيض : العكس .
٧ – شابَ يشوبُ : عابَ يعيب .
٨ – تلوُّث : إتِّساخ .

الأسئلة

١ – هل حاولتَ مرّة أن تُشعِل ورقة ، بواسطة عدسة مكبِّرة ؟
٢ – كيف تفسِّر ما يَحدثُ ؟
٣ – كيف أحرق أرخميدس الاسطول الرومانيّ ؟
٤ – متى تذهب حزمةُ النور الى مسافة أبعد ؟
٥ – أين بنى « فيلكس ترومب » فرنَيه الشمسِّين ؟ ولماذا ؟
٦ – كم قسماً يشمَلُ الفرن الشمسي ؟
٧ – كيف تعملُ أجهزة الفرنِ الشمسيّ ؟

وِلادَةُ حَضَارَة

١ ـ من الحجر المقطوع إلى مكنات الصناعة ذات الذاكرة • السّيطرة على النار • ولادة الكتابة
٢ ـ الزجاج مادة شفافة • الدولاب جهاز نقل • طيّارة الورق ، أكثر من لعبة بسيطة
٣ ـ آلات قياس الوقت • الورق ، مطية الفكر • الطرقات ، سُبل اتصال بين الشعوب
٤ ـ السيطرة على المعادن • المرآة : من دنيا التبرّج الى دنيا العلم • رهط ذاتيات التحرك
٥ ـ من النظارتين الى المنظار إلى المقراب • السهم الناري يصبح آلة تحرّرنا من الأرض • الصابون والمنظفات المنافسة

التَقنِيَّة تَقوم بأولى تحدّياتها الكَبيرة

٦ ـ المطحنة المائية والمطحنة الهوائية • البارود • الطباعة من عهد غوتمبرغ إلى ... غد
٧ ـ الأسلحة النارية عدة هلاك • البوصلة • طوق الكتفين ، في طقم الفرس ، خلاص للمرهقين
٨ ـ « دولاب بسكال » جد الآلات الحاسبة الالكترونية • من المظلة إلى الدبابة • آلات إحداث الفراغ
٩ ـ التحرك على وسادة من هواء • المجهر في سيطرته على المتناهي الصغر • ميزان الضغط .

مِنَ الحِرَف اليَدَويَّة الى الصِّنَاعَة

١٠ ـ الآلة البخاريّة • من المراكب البخارية الأولى الى السفن الحديثة • من "السلحفاة" الى "الصاعقة"
١١ ـ المروحة وانطلاق الملاحة ... • من عربة "كونيو" البخارية الى سياراتنا • غاز الإنارة ...
١٢ ـ الآلات الالكتروستاتية • شارل "فرنكلين" • من المنطاد إلى البالونات الفضائية .
١٣ ـ تلغراف "شاپ" • من النسيج البدائي الى نول الحياكة • الدراجة الأولى وذريتها .
١٤ ـ بطارية "فولتا" • عيدان الثقاب • السكة الحديدية والقاطرة البخارية .
١٥ ـ "ليفيك" و "الستيتسكوب" • علب المحفوظات التي تعد بالمليارات • "الدربيات في العمل
١٦ ـ التلغراف الكهربائي يخترعه رسام ... • آلة الخياطة • عدسة التصوير تنفتح على كل شيء .
١٧ ـ لوحة الألوان المركبة • المحرك المتفجر يجهز ملايين السيارات • التبنيج المخدر .

العَالَم يُبدِّل مَعَالِم وَجهِهِ

١٨ ـ الديناميت للسرّاء والضرّاء • حفر آبار النفط • من الآلة الكاتبة الى الطابعة الالكترونية
١٩ ـ صناعة البرد • الدينامو مولد التيار والمحرك الكهربائي • من السيلولويد الى اللدائن .
٢٠ ـ الميكروفيلم يضع مكتبة في حقيبة • الكلام المنقول في سلك • الترام والقاطرة الكهربائية
٢١ ـ سلسلة البرد • أديسن والمصباح الكهربائي • من الفونوغراف الحاكي الى الالكتروفون
٢٢ ـ حجرة الهواء وأجهزة المطاط • عصا الحديد في البناء • انبوب أشعة إكس يقهر الكثافة .
٢٣ ـ من الفنكستكوب الى السينماسكوب • تسجيل الأصوات والصور • وطواط يخفق بالآمال الرحبة
٢٤ ـ محرك ديزل يخرج من قداحة • الاتصالات البعيدة المدى تنتقل على موجات الأثير • البيليتوغراف
٢٥ ـ زجاج لا يجرح • آلات توليد العواصف • الصور السوية على الشاشة الصغيرة .

مِنَ الذَرَّة إلى الفَضَاء

٢٦ ـ كاشفات الجزيئات الدقيقة • المدفعية الذرية • المجهر الالكتروني عين قادرة على رؤية الفيروسات
٢٧ ـ الرادار الساحر • من الأبيق القديم الى أبراج مصافي النفط العالية • المفاعل النووي
٢٨ ـ الترنزيستور والترنزستورات • الأجهزة الفضائية • الأفران التي تتوهج فيها طاقة الشمس

أرسى القرن الثامن عشر علم الكهرباء ، وأطلق أولى السفن البخارية ، والمناطيد والغوّاصات الأولى . وشاهد القرن التاسع عشر الثورة الصناعيّة بفضل البخار والكهرباء والآلة ، فيما تكاثرت الاختراعات من كل نوع : من القاطرة والسكة الى عيدان الثقاب ، ومن التلغراف الى التصوير الشمسي ، ومن الدراجة الى التربينة ...

تأليف : ف . لوت
رسوم : ب . بروبست
ترجمة واعداد : سهيل سماحة